

CERAMIC SHEET

Patent Number: JP8151270

Publication date: 1996-06-11

Inventor(s): HATA KAZUO; AIKAWA NORIKAZU; IMAI HIDEKI; YASAKA TETSUYA

Applicant(s):: NIPPON SHOKUBAI CO LTD

Requested Patent: JP8151270

Application Number: JP19950240292 19950919

Priority Number(s):

IPC Classification: C04B35/622 ; B28B11/02 ; C04B35/64

EC Classification:

Equivalents: JP2830795B2

Abstract

PURPOSE: To obtain a large-sized ceramic sheet having a specific thickness, high strength and reduced warpage and swell height by limiting the area, thickness, maximum swell height, warpage and frequencies of breakage and cracking.

CONSTITUTION: When a ceramic green sheet is fired using a powdery mixture mainly containing cubic zirconia and at least one metal oxide selected from among Y, Ce, Ca, Mg, Ti, Si and Al of 0.1-0.5 μ m average particle size, a porous sheet having 30-85% bulk density based on the theoretical density and less than 5% thermal shrinkage up to the firing temperature is placed on the green sheet so that the periphery of the green sheet may not protrude over. Then, they are fired to give this ceramic sheet of more than 400cm² area, less than 0.4mm thickness, less than 100 μ m swell height, less than 0.1% warpage and less than 10% frequencies of breakage and cracking on loading tests under a prescribed load.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 面積が 400 cm^2 以上で且つ厚さが 0.4 mm 以下、最大うねり高さが $100\text{ }\mu\text{m}$ 以下、反り量が 0.1% 以下であり、且つ下記の荷重負荷試験とたわみ負荷試験を順に行なったときにおける割れ・ひびの発生頻度が 10% 以下であることを特徴とするセラミックスシート。

(荷重負荷試験) セラミックスシートを、平滑面を有する緻密質アルミナ板に挟み込み、該セラミックスシートの全面に対して 0.1 kg f/cm^2 の荷重を加える。

(たわみ負荷試験) セラミックスシートの相対する2辺に、セラミックスシートの表面と平行でかつ互いに押し合う方向に力を加え、セラミックスシートをたわませる試験であり、たわみ高さを $h\text{ [mm]}$ 、相対する2辺の距離を $d\text{ [mm]}$ 、セラミックスシートの厚さを $t\text{ [mm]}$ としたとき、 $h=0.002 \times d/t^2$ (但し、 $h \leq 0.1 \times d$) たわませる操作を、1回/秒で且つ表裏方向に交互に6回繰り返す。

【請求項2】 主成分がジルコニアである請求項1に記載のセラミックスシート。

【請求項3】 他の成分として、Y, Ce, Ca, Mg, Ti, Si, Alよりなる群から選択される少なくとも1種の金属の酸化物を含むものである請求項2に記載のセラミックスシート。

【請求項4】 主成分が立方晶のジルコニアである請求項2または3に記載のセラミックスシート。

【請求項5】 燃料電池の電解質膜として使用されるものである請求項4に記載のセラミックスシート。

【請求項6】 原料粉体の平均粒子径が $0.1\sim0.5\text{ }\mu\text{m}$ であり、且つ該粉体の 90 体積\% 以上が $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下の粒子径を有するものである請求項1~5のいずれかに記載のセラミックスシート。

【請求項7】 正方形状または長方形状である請求項1~6のいずれかに記載のセラミックスシート。

【請求項8】 密度が、理論密度に対して 90% 以上である請求項1~7のいずれかに記載のセラミックスシート。

【請求項9】 セラミックスグリーンシートを焼成することによって得られるセラミックスシートであって、その焼成に当たっては、理論密度に対して $30\sim85\%$ の嵩密度を有すると共に、上記グリーンシートの焼成温度に至るまでの加熱による収縮率が 5% 以下である多孔質シートを、上記グリーンシートの周縁がはみ出さない様に載せて、または該多孔質シートの間に上記グリーンシートをその周縁がはみ出さない様に挟み込んで焼成する方法により製造したものである請求項1~8のいずれかに記載のセラミックスシート。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はセラミックスシートに関し、特に薄肉でうねり及び反りが小さく、耐荷重強度及び曲げ強度に優れたセラミックスシートに関し、このセラミックスシートは、断熱性や電気絶縁性等に優れたものであり、例えばセンサー部品や燃料電池用の電解質膜あるいは焼成用セッター等、あるいはエレクトロニクス分野におけるハイブリッドIC回路基板等として極めて有用であるほか、その優れた耐熱性や耐摩耗特性等を利用して耐熱・耐火ボード外板材や摺動部材など様々な用途に有効に活用することができる。

【0002】 中でもジルコニアを主体とするセラミックスシートは、その優れた機械的強度、韌性、耐摩耗性、耐薬品性、耐食性等を活用して各種構造材料、刃物、焼成用のセッター等に、またその優れた酸素イオン伝導性を利用して酸素センサー、湿度センサー等の固体電解質膜、更には燃料電池用の固体電解質膜等としても有効に活用できる。

【0003】

【従来の技術】 セラミックスは、耐熱性や耐摩耗性等の機械的性質に加えて電気的、磁気的特性、更には生体適合性等にも優れたものであることから、多くの分野で広く活用されている。中でもジルコニアを主体とするセラミックス基板は、優れた酸素イオン伝導性や耐熱・耐食性を有しているので、センサー部品や燃料電池用の電解質膜あるいは焼成用セッター等として有効に活用することができる。これら用途に供するには緻密質セラミックスシートであることが好ましく、そのため通常は原料粉体として易焼結性のいわゆるサブミクロンの微粉末を用いている。しかし、微粉末を用いるとバインダー成分の分解除去が難しく、また焼結に伴う収縮が大きいため、特に肉薄のシート状成形体ではうねりや反りが生じやすい。そして、これらのうねりや反りがあると、外部から力が加わったときに応力集中を起こして割れを誘発するので、実際に使用するときに大きな問題となる。

【0004】 ところで、シート状セラミックスシートの製法として一般的に実施されているのは、ジルコニア等のセラミックス原料粉体と有機質バインダーおよび分散媒とからなるスラリーを、ドクターブレード法、カレンダー法、あるいは押出し法等によってシート状に成形し、これを乾燥して分散媒を揮発させてグリーンシートを得、これを切断、パンチング等により適当なサイズに揃えてからセッターに載せて焼成し、有機質バインダーを分解除去後セラミックス粉体を焼結させる方法である。

【0005】 一般にグリーンシートを熱処理してセラミックスシートを作製する場合、全面で均一な熱露囲気的条件（温度分布、露囲気ガスの種類や濃度、露囲気ガスの流れなど）を確保することは極めて困難であるため、一枚のシートの各部で不均一を生じて反りやうねりが発生しやすい。たとえば、グリーンシート各部の脱脂条件

50

等にわずかな違いがあると、バインダーが均一に除去されないのでうねりを生じる。またグリーンシートは焼成時に焼結に伴って収縮するが、シート各部にわずかでも熱収縮の違いを生じると、収縮が不均一となってうねりを生じたり割れたりする。特に厚さが1mm以下の薄いセラミックスシートでは、自重が小さいので従来の厚いシートに比べてシート自身が浮き易く、うねりも一層生じ易くなる。【0006】更に、収縮に伴ってシート各部が端部から中央部へと移動する際に、セッターに僅かな凹凸があり摩擦が生じたりすると収縮が阻害され、うねりや割れを生じ易くなる。

【0007】また、焼成後のサイズが400cm²程度までのシートの焼成では、高密度・高強度で比較的薄いセッターを用いることができるが、それ以上の大きさでは、高温でもたわまない様に多孔質で厚いセッターを用いる必要があり、セッターが断熱性で且つ熱容量の極めて大きなものとなるため、昇温時にセッターの端部と中央で大きな温度の遅れが生じて熱的不均一を起こす。さらに、側面や天井部あるいは炉床部からヒーターで加熱する方式の電気炉でグリーンシートを焼成する場合には、炉に対してシートが大きいため、1枚のシートでもヒーターに近い部分と遠い部分ができるシート各部で熱的不均一が生じてくる。あるいは大型ガス炉の場合は、空炉での均熱域の大きさには余裕があるが、大きいセッターを用いるためにガス(炎)の通り道を十分に確保できなくなり、やはり熱的不均一を生じやすい。これら熱的不均一や収縮阻害は、焼成後のサイズが400cm²以上のシートに顕著に現れ、うねりやそりの原因となっていた。

【0008】この様にして得られるセラミックスシートは、たとえ1段のセッターに1枚のグリーンシートを載せて焼成したとしても少なからず反りやうねりを生じ、生産性を上げる目的で1段のセッターに複数のグリーンシートを重ねて載せて焼成するならば反りやうねりは更に大きくなる。特にサブミクロンのセラミックス粉末原料を用いて製造されるグリーンシートの焼成においてはその傾向が著しい。そして焼成後のセラミックスシートに生じた反りやうねりは、該シートに荷重や曲げ力等がかかるときに局部的な応力集中を引き起こして割れやヒビを生じる原因になる。こうした反りやうねりは、シートに荷重をかけた状態で再焼成する方法などによって矯正することも可能であるが、この矯正工程でシートに割れやヒビを生じることも多く、歩留低下の大きな原因になっているばかりでなく、焼成を2回以上行なうことはエネルギーの観点からしても好ましいことではない。

【0009】そこで、こうした難点を改善するための技術として、たとえば特開平6-9268号公報に開示された様な方法が提案されている。この方法は、セラミックスグリーンシートに荷重をかけた状態で焼成を行なう

ものであり、こうした方法を採用すると、焼成段階での反りやうねりが可及的に抑制され、表面平坦度の比較的良好なセラミックスシートを得ることができる。ところが上記の特徴が有効に発揮されるのは、400cm²未満の比較的小さなグリーンシートを一段のセッター上に1枚ずつ載せて焼成する場合であって、たとえば225cm²を超える薄肉のグリーンシートを焼成する場合には、荷重をかける板をグリーンシート上に複数枚並べて載せるので、板の継ぎ目のところでグリーンシートに跡形がつき易いため、うねりや反りを十分に抑えることは難しい。

【0010】他方、前述の様な用途に用いられるセラミックスシートは、上記の様な理由もあって400cm²程度未満の小版シートとして提供されてきたが、その用途が多岐化してくるにつれて500cm²以上、更には600cm²程度で且つ1mm以下といった薄肉大版セラミックスシートの需要も増大してきている。しかしながら、この様な薄肉大版のセラミックスシートでは上記の様に焼成時に生じる反りやうねりを少なく抑えることが非常に難しく、表面平坦度が高く耐荷重強度、曲げ特性等において需要者の要求をみたす様なものは得られていないのが実情である。

【0011】【発明が解決しようとする課題】本発明は上述した様な問題点に着目してなされたものであって、その目的は、400cm²以上で且つ0.4mm以下といった薄肉大版セラミックスシートを対象とし、反りおよびうねりが少なく表面平坦度が高く耐荷重強度やたわみ強度に優れたセラミックスシートを提供しようとするものである。

【0012】【課題を解決するための手段】上記課題を解決することができた本発明に係るセラミックスシートは、面積が400cm²以上で且つ厚さが0.4mm以下、最大うねり高さが100μm以下、反り量が0.1%以下であり、且つ下記の荷重負荷試験とたわみ負荷試験を順に行なったときにおける割れ・ひびの発生頻度が枚数基準で10%以下であるところに存在する。

(荷重負荷試験) セラミックスシートを、平滑面を有する緻密質アルミナ板に挟み込み、該セラミックスシートの全面に対して0.1kgf/cm²の荷重を加える。

(たわみ負荷試験) セラミックスシートの相対する2辺に、セラミックスシートの表面と平行でかつ互いに押し合う方向に力を加え、セラミックスシートをたわませる試験であり、たわみ高さをh [mm]、相対する2辺の距離をd [mm]、セラミックスシートの厚さをt [mm]としたとき、

$$h = 0.002 \times d / t^2 \quad (\text{但し}, h \leq 0.1 \times d)$$

たわませる操作を、1回/秒で且つ表裏方向に交互に6回繰り返す。

【0013】本発明に係る上記セラミックスシートは、

ジルコニアを主成分とするものが好ましく、またこれらの中には、他の成分として、Y, Ce, Ca, Mg, Ti, Si, Alよりなる群から選択される少なくとも1種の金属の酸化物を含むものも好ましいものとして挙げられ、とりわけ好ましいのは立方晶ジルコニアを主成分とするものであり、これらのセラミックスシートは、燃料電池の電解質膜などとして有効に活用することができる。

【0014】そして、上記セラミックスシートの原料となる粉体としては、平均粒子径が0.1~0.5μmであり、且つ該粉体の90体積%以上が1μm以下の粒子径を有するものを使用することによって、緻密で一段と表面精度の高いセラミックスシートとなる。該セラミックスシートの好ましい密度は、理論密度に対して90%以上の密度を有するものであり、該シートの形状は用途によって変わってくるので、一概に決めることはできないが、燃料電池用の電解質膜などとして最も一般的なのは正方形もしくは長方形のものである。

【0015】尚、該セラミックスシートの製造は、一般的な方法によても可能であるが、前述の如き平坦度を効率よく得るために、セラミックスグリーンシートを焼成してセラミックスシートを製造する際に、理論密度に対して30~85%の嵩密度を有すると共に、上記グリーンシートの焼成温度に至るまでの加熱による収縮率が5%以下である多孔質シートを、前記グリーンシートの周縁がはみ出さない様に載せて、または該多孔質シートの間に前記グリーンシートをその周縁がはみ出さない様に挟み込んで焼成する方法を採用することが望ましい。

【0016】
【発明の実施の形態】上記の様に本発明のセラミックスシートは、面積が4.00cm²以上で且つ厚さが0.4mm以下、最大うねり高さが100μm以下、反り量が0.1%以下であり、且つ前述の荷重負荷試験とたわみ負荷試験を順に行なったときの、割れやひびの発生頻度が枚数基準で10%以下であるセラミックスシートであり、この様な性状と強度特性を備えたセラミックスシートは、後述する如くセラミックスグリーンシートを焼成してセラミックスシートを製造する際に、理論密度に対して30~85%の嵩密度を有すると共に、上記グリーンシート以上の焼成温度に至るまでの加熱による収縮率が5%以下である多孔質シートの間に、上記グリーンシートを、その周縁がはみ出さない様に挟み込んで焼成し、あるいは上記と同様の多孔質シートを、上記グリーンシートの周縁がはみ出さない様に載せて焼成することによって得ることができる。

【0017】即ちこの様な方法を採用すると、焼成におけるシートの変形が可及的に防止され、最大うねり高さが100μm以下、反り量が0.1%以下で非常に優れた平坦性を有しており、しかも前述の荷重負荷試験とたわみ負荷試験によっても割れやひび等を生じることの

少ない優れた特性のセラミックスシートとなる。そしてこれらの特性は、公知のセラミックスシートには見られない特性であり、該セラミックスシート自体、前述の形状特性(平坦度)と強度特性(耐荷重強度および耐たわみ強度)において、公知のセラミックスシートとは明確に区別できるものである。

【0018】ここで面積を4.00cm²以上と定めたのは、これ未満の小サイズのセラミックスシートでは、セラミックスシートの大サイズ化を意図する本発明の目的にそぐわなくなるばかりでなく、公知のセラミックスシートに対する優位性を発揮することができず、且つその様な小サイズのセラミックスシートであれば、上記の様な特異な方法を採用するまでもなく平坦度が良好で且つ耐荷重強度や耐たわみ強度においても優れた性能を有するものが得られ易いからである。また厚さを0.4mm以下と定めたのは、これよりも厚肉のセラミックスシートでは焼成時に生じる反りやうねりの程度が比較的少なく、上記平坦度の要求を満足するものが容易に得られるからである。

【0019】また本発明で定める最大うねり高さとは、セラミックスシートに生じたうねりのうち最も大きいものの高さをいい、この値を100μm以下と定めたのは、この値が100μmを超えるものでは平坦度向上による本発明の特徴(特に耐荷重強度の向上等)が有効に発揮されないからである。本発明の特徴をより効果的に発揮させる上で特に好ましい最大うねり高さは50μm以下であり、更に好ましくは、加えて最大高さ(R_{max})が1μm以下のものである。

【0020】また本発明で定める反り量とは、反り高さをシートの長さで割った値の百分率を意味し、この値を0.1%以下と定めたのは、この値を超える反り量のシートでは、シート面に平行な外力が作用したとき該反った部分に曲げ応力が作用して割れを生じる原因になるからである。本発明の特徴を一層効果的に発揮させる上でより好ましい反り量は0.06%以下である。

【0021】更に本発明のセラミックスシートは、前記荷重負荷試験とたわみ負荷試験による割れやひびの発生頻度が10%以下である点にも大きな特徴を有しており、こうした特性は、該セラミックスシートを多数重ね合わせて燃料電池用の固形電解質膜として使用する場合、あるいはその他の用途で平坦な支持基材に挟み込んで使用する場合等において、該シートにかかる荷重や曲げ方向にかかる外力によって割れやヒビを生じてその特性が損なわれるのを防止する上で極めて重要な特性となる。尚、前述のたわみ負荷試験を行なうと、セラミックスシートに僅かでもひびがあると割れてしまう。従って、もし荷重負荷試験において目視では認められない様な微細なひびが生じていたら、たわみ負荷試験で割れることになる。そのため、本発明に係るセラミックスシートの性能評価試験においては、荷重負荷試験の後にたわみ負荷試験を行なう。

み負荷試験を実施することが必要となる。

【0022】ちなみに、面積が400cm²以上で且つ厚さが1mm以下である従来のセラミックスシートは、前述の様な理由から少なからずうねりや反りを有しており、その結果、前述の様な荷重負荷試験とたわみ負荷試験を行なうと割れやひびを起こし、実用価値を著しく損なったり極端な場合は実用性を喪失する。しかしながら本発明のセラミックスシートは、上記の様に最大うねり高さや反り量が非常に小さく、前述の様な荷重負荷試験やたわみ負荷試験を行なっても割れやひびを起こすことが少なく、こうした特性においても、従来のセラミックスシートと明確に区別し得るものである。

【0023】本発明に係るセラミックスシートの形状は、正方形、長方形、円形は勿論のこと、必要に応じて三角形、五角形等の多角形や梢円形などとすることもでき、更には上記形状内に穴や切欠き等のあるものなどであってもかまわないが、燃料電池用の固体電解質膜などとして実用化するときの最も一般的なのは、正方形または長方形のものである。

【0024】本発明に係るセラミックスシートの構成素材は、用途や使用目的等に応じて例えばアルミナ、ジルコニア、セリニア、チタニア、シリカ、ムライト、コージェライト、スピネル、フォルステライト、アノーサイト、セルシアン、エンスタタイト、窒化アルミニウム、窒化珪素など種々のものを選択することができるが、特に好ましいのは、ジルコニアを主成分とするもの（好ましくは60重量%以上、より好ましくは80重量%以上）、あるいはこれに、他の成分として、Y, Ce, Ca, Mg, Ti, Si, Alよりなる群から選択される少なくとも1種の金属の酸化物を含む（好ましくは40重量%程度以下、より好ましくは20重量%以下）ものである。最も好ましいのは、立方晶のジルコニアを主成分とするものである。

【0025】そして、これら素材からなるセラミックスシートの好ましい密度は、理論密度に対して90%以上（好ましくは95%以上）のものであり、たとえば前述の形状特性、即ち最大うねり高さと反り量を満足する広さ20cm角×0.2mm厚のイットリア完全安定化ジルコニア（立方晶ジルコニア）主体のセラミックスシートは、耐荷重強度で0.1kgf/cm²以上で、且つ前述のたわみ負荷試験に耐え、しかも平均三点曲げ強度で35kgf/mm²以上の高い値を示すものであり、センサー部品や燃料電池等の電解質膜あるいは焼成用セッター等として非常に優れた熱的、機械的、物理的、電気的、化学的特性を示すものが得られる。

【0026】本発明のセラミックスシートは、前述の様な形状特性と強度特性を有するところに特徴を有するものであって、その製法は特に制限されないが、次に示す様な方法を採用すれば、上記特性を備えたセラミックスシートを容易に得ることができる。

【0027】即ち、前述の様なセラミックス素材を適当なバインダーと混練しシート状に形成して得られるセラミックスグリーンシートを焼成してセラミックスシートを製造するに当たり、該グリーンシートの焼成温度に至るまでの加熱による収縮率が5%以下であり、且つ理論密度に対して30~85%の嵩密度を有する多孔質シートの間に、前記グリーンシートを、その周縁がはみ出さない様に挿み込んで焼成し、あるいは上記と同様の多孔質シートを、前記グリーンシートの周縁がはみ出さない様に載せて焼成する方法である。

【0028】即ち、前述の様なセラミックス原料粉末と有機質もしくは無機質バインダーおよび溶媒の混合物からなるスラリーを、ドクターブレード法、カレンダー法、押出し法などによって平滑な基材上に所定の厚みで塗布し、乾燥して溶媒を揮発除去することによりグリーンシートを得、これを上記の条件で焼成する。該グリーンシート製造に使用されるセラミックス原料粉末の素材は前記した通りであるが、該グリーンシートの製造に当たっては、平均粒子径が0.1~0.5μmであり、且つ粒子径が揃っており、具体的には、該粉体の90体積%以上の粒子が1μm以下の粒子径の粉体を用いることが好ましい。より好ましくは、平均粒子径が0.2~0.3μmであり、90体積%以上の粒子が0.17μm以下である。更に好ましくは、90体積%以上の粒子が0.07μm以上である様な、粒子径の揃った粉体である。ここで粒子径分布は、(株)島津製作所製レーザー回折式粒度分布測定装置SALD-1100を用い、0.1~2重量%メタリン酸ナトリウム水溶液を分散媒として測定した値である。

【0029】しかして、セラミックス原料粉末の平均粒子径が小さ過ぎる場合は、それ自身の焼結性が良好で緻密なセラミックスシートが得られ易いという利点の反面、焼成時におけるバインダー成分の分解放出が均一に起こりにくくなる傾向が生じ、結果としてセラミックスシート全体としての均質性に悪影響が現われ、逆に平均粒子径が大き過ぎる場合は、焼成時のバインダー成分の分解放出は万能なく均一に進行するものの、焼結不良となって密度を十分に高めることができなくなり、本発明で意図する「理論密度に対して90%以上」といった密度を有するセラミックスシートが得られにくくなるからである。また、原料粉体の粒度分布が広く、特に粒子径の大きい粒子が存在すると、バインダー成分の分解放出が不均一となり、更には焼成過程で不均一な収縮を起こしてうねりを生じ易い。これらの効果は、ジルコニアを主成分とするセラミックスシートにおいて顕著に現れる。

【0030】本発明で用いられるバインダーの種類にも格別の制限はなく、従来から知られた有機質もしくは無機質のバインダーを適宜選択して使用することができる。有機質バインダーとしては、例えばエチレン系共重

合体、ステレン系共重合体、アクリレート系及びメタクリレート系共重合体、酢酸ビニル系共重合体、マレイン酸系共重合体、ビニルブチラール系樹脂、ビニルアセタール系樹脂、ビニルホルマール系樹脂、ビニルアルコール系樹脂、ワックス類、エチルセルロース等のセルロース類等が例示される。

【0031】これらの中でもグリーンシートの成形性や強度、焼成時の熱分解性等の点から、メチルアクリレート、エチルアクリレート、プロピルアクリレート、ブチルアクリレート、イソブチルアクリレート、シクロヘキシルアクリレート、2-エチルヘキシルアクリレート等の炭素数10以下のアルキル基を有するアルキルアクリレート類、およびメチルメタクリレート、エチルメタクリレート、ブチルメタクリレート、イソブチルメタクリレート、オクチルメタクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート、デシルメタクリレート、ドデシルメタクリレート、ラウリルメタクリレート、シクロヘキシルメタクリレート等の炭素数20以下のアルキル基を有するアルキルメタクリレート類、ヒドロキシエチルアクリレート、ヒドロキシプロピルアクリレート、ヒドロキシエチルメタクリレート、ヒドロキシプロピルメタクリレート等のヒドロキシアルキル基を有するヒドロキシアルキルアクリレートまたはヒドロキシアルキルメタクリレート類、ジメチルアミノエチルアクリレート、ジメチルアミノエチルメタクリレート等のアミノアルキルアクリレートまたはアミノアルキルメタクリレート類、-(メタ)アクリル酸、マレイン酸、モノイソプロピルマレート等のマレイン酸半エステル等のカルボキシル基含有モノマーの少なくとも1種を重合または共重合させることによって得られる、数平均分子量が20,000~200,000、より好ましくは50,000~100,000の(メタ)アクリレート系共重合体が好ましいものとして推奨される。これらの有機質バインダーは、単独で使用し得る他、必要により2種以上を適宜組み合わせて使用することができる。特に好ましいのはイソブチルメタクリレートおよび/または2-エチルヘキシルメタクリレートを60重量%以上含むモノマーの重合体である。

【0032】また無機質バインダーとしては、ジルコニアゾル、シリカゾル、アルミニナゾル、チタニアゾル等が単独で若しくは2種以上を混合して使用することができる。

【0033】セラミックス原料粉末とバインダーの使用比率は、前者100重量部に対して後者5~30重量部、より好ましくは10~20重量部の範囲が好適であり、バインダーの使用量が不足する場合は、グリーンシートの強度や柔軟性が不十分となり、逆に多過ぎる場合はスラリーの粘度調節が困難になるばかりでなく、焼成時のバインダー成分の分解放出が多く且つ激しくなって均質なシートが得られにくくなる。

【0034】またグリーンシートの製造に使用される溶媒としては、水、メタノール、エタノール、2-プロパノール、1-ブタノール、1-ヘキサン等のアルコール類、アセトン、2-ブタノン等のケトン類、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン等の脂肪族炭化水素類、ベンゼン、トルエン、キシレン、エチルベンゼン等の芳香族炭化水素類、酢酸メチル、酢酸エチル、酢酸ブチル等の酢酸エステル類等が適宜選択して使用される。これらの溶媒も単独で使用し得る他、2種以上を適宜混合して使用することができる。これら溶媒の使用量は、グリーンシート成形時におけるスラリーの粘度を加味して適当に調節するのがよく、好ましくはスラリー粘度が10~200ポイズ、より好ましくは10~50ポイズの範囲となる様に調整するのがよい。

【0035】上記スラリーの調製に当たっては、セラミックス原料粉末の解膠や分散を促進するため、ポリアクリル酸、ポリアクリル酸アンモニウム等の高分子電解質、クエン酸、酒石酸等の有機酸、イソブチレンまたはスチレンと無水マレイン酸との共重合体およびそのアンモニウム塩あるいはアミン塩、ブタジエンと無水マレイン酸との共重合体およびそのアンモニウム塩等からなる分散剤、グリーンシートに柔軟性を付与するためのフタル酸ジブチル、フタル酸ジオクチル等のフタル酸エステル類、プロピレンジコール等のグリコール類やグリコールエーテル類からなる可塑剤など、更には界面活性剤や消泡剤などを必要に応じて添加することができる。

【0036】上記の原料配合からなるスラリーを前述の様な方法でシート状に成形し、乾燥してセラミックスグリーンシートを得た後、これを加熱焼成することによって本発明のセラミックスシートを製造する。この焼成工程で、本発明では反りやうねりを生じることなく平坦性の高いセラミックスシートを得るための手段として、該グリーンシート以上の面積を有し、且つ該グリーンシートの焼成温度に至るまでの加熱による収縮率が5%以下であり、しかも理論密度に対して30~85%の嵩密度を有する多孔質シートの間に、前記グリーンシートを、その周縁がはみ出さない様に挟み込んで焼成し、あるいは上記多孔質シートを前記グリーンシートの周縁がはみ出さない様に載せてから焼成を行なうことが望ましい。

【0037】ここで使用される多孔質シートは、本発明に係る平坦度の高いセラミックスシートを得る上で最も重要なポイントとなる。即ち、先に説明した様に400cm²程度未満の小サイズのセラミックスシートを製造する場合は、平坦なシート状の重しをかけた状態で焼成することによって、平坦度の比較的高いセラミックスシートがまれに得られることがあるが、400cm²以上の面積を有し且つ厚みが1mm以下の薄肉のセラミックスシートになると、セラミックスグリーンシートの焼成に伴うバインダーの分解放出や体積収縮の進行が不均一となり、特にシートの中央部付近でバインダー分解ガスの

放出不足による焼結不良によって密度が十分に上がらなくなったり反りが生じ、また周辺側では体積収縮の不均一によってうねりを生じ易く、本発明で意図する様な平坦度と強度特性の薄肉セラミックスシートが得られにくくなる。特に自重の小さい厚みが0.4mm以下の薄いシートでは、不均一な部分が容易に持ち上がるため、周辺側のうねりが生じ易い。

【0038】ところが、上記の様にグリーンシート以上の面積を有し、且つ少なくとも該グリーンシートの焼成温度に至るまでの加熱による収縮率が5%以下であり、しかも理論密度に対して30~85%の嵩密度を有する多孔質シートを焼成時の支持矯正用として使用し、該多孔質シートの間に前記グリーンシートをその周縁がはみ出さない様に挟み込んで焼成し、あるいは上記多孔質シートを前記グリーンシートの周縁がはみ出さない様に載せてから焼成を行なえば、上記の様なバインダー分解ガスの放出不良による焼結不足やうねり、更には反り等が著しく抑えられ、平坦度や強度特性の非常に優れた薄肉のセラミックスシートが得られるのである。

【0039】ちなみに、多孔質シートのサイズが被焼結物であるグリーンシートよりも小さくて、焼結時にグリーンシートの周辺が多孔質シートからはみ出る時は、該はみ出し部においてグリーンシートの変形が起こって平坦度の高いセラミックスシートを得ることができず、複数枚の小さい多孔質シートを並べて使用した場合、その継ぎ目のところでセラミックスシートに跡形が残ることがある。また、該グリーンシート焼成温度に至るまでの加熱による多孔質シートの収縮率が5%を超える時は、該多孔質シートを安定して複数回使用することができないばかりでなく、グリーンシート焼成時に生じる多孔質シートの収縮によって平坦度矯正効果が有効に発揮されなくなり、やはり平坦度の高いセラミックスシートを得ることができない。

【0040】グリーンシートの焼成に当たっては、全面で均一な熱雰囲気的条件を確保することが極めて困難であるため、先に述べた様な不均一を生じて反りやうねりが発生し易いが、上記の方法では、グリーンシートの全面を前述の様な多孔質シートで覆うことにより、これらの熱雰囲気的不均一を大いに緩和することができ、加えて重しの効果により反りやうねりを抑えることができるため、焼成は電気炉、ガス炉あるいはバッチ式炉、連続式炉など種々の炉での焼成が可能である。また、炉の雰囲気によっては、断熱材やヒーターあるいは他の被焼成物に由来するFe, Si, Al, Moの酸化物などの粒子が飛来し、シート表面に付着する場合もあるが、本方法ではシート表面を多孔質シートで保護するため、これらの付着をも防ぐことができる。

【0041】上記方法で用いられる多孔質シートの嵩密度を規定したのは、表面をより緻密にしてグリーンシート焼成時における表面矯正効果を有効に発揮させると共

に、焼成時にバインダーの熱分解によって生成するガス成分を速やかに外部へ放出させて脱脂を促進させるためであり、該嵩密度が理論密度に対して30%未満であるものでは、分解ガスの放出は問題なく効率よく進行するが、強度不足によってハンドリング性が悪化し、複数回の繰り返し使用が困難になる他、表面の平滑性が悪くなつて矯正効果も不十分となり、満足のいく表面精度のセラミックスシートが得られにくくなる。一方85%を超える嵩密度の多孔質シートを使用すると、通気性の低下によって脱脂効果および分解ガスの放出が不十分となり、割れ、反り、しわ等を生じる原因になる。ここで嵩密度の簡便な測定には、多孔質シートの重さを、面積と厚さの積から算出した体積で除して求める。

【0042】しかしながら、上記の様にグリーンシート以上の面積（好ましくは1.0~1.5倍、より好ましくは1.0~1.2倍）を有し、且つ少なくとも該グリーンシートの焼成温度に至るまでの加熱による収縮率が5%以下（より好ましくは0.5%以下）であり、しかも理論密度に対して30~85%（より好ましくは45~65%）の嵩密度を有する多孔質シートを焼成時の支持矯正用として使用し、該多孔質シートの間に前記グリーンシートの周縁がはみ出さない様に挟み込んで焼成し、あるいは上記多孔質シートを前記グリーンシートの周縁がはみ出さない様に載せてから焼成を行なえば、該多孔質シートの優れた表面矯正効果が有効に発揮されと共に脱脂効果や分解ガスの放出もスムーズに行なわれ、得られる薄肉セラミックスシートは非常に均質で且つ平坦度が高く、本発明で規定する、最大うねり高さが100μm以下、反り量が0.1%以下で、且つ前記荷

30 負荷重試験とたわみ荷重試験での割れやひびの発生頻度が1.0%以下、という特性を満足する高品質のものとなる。

【0043】特にうねり量について詳述すると、セラミックスシートの面積が大きく、厚みが薄くなる程うねりは大きくなる傾向があるが、上記の方法を採用すると〔うねり量（μm）×厚み（mm）／最大長さ（m）m〕の値が0.45以下、好ましくは0.1以下、より好ましくは0.06以下、さらに好ましくは0.03以下とすることができ、強度特性においても非常に優れた薄肉セラミックスシートを得ることが可能となる。ここで最大長さとは、長方形や正方形ならば対角線、円盤ならば直径に相当する長さである。

【0044】上記方法の中でも、前記した平坦度と強度特性を満たすセラミックスシートが最も得られ易いのは、多孔質シートの間にグリーンシートを挟み込んで焼成する方法である。上記で述べた様に、該多孔質シートの代わりに上記要件を満たさないシートを用いると、たとえ1段のセッターに1枚のグリーンシートを載せて焼成したとしても少なからず反りやうねりを生じ、生産性を上げる目的で1段のセッターに複数枚のグリーンシ

トを重ねて載せて焼成するならば更に大きな反りやうねりを生じる。ところが、上記方法ではこの様な問題が生じないため、一度に多くのセラミックスシートを歩留まりよく生産することができ、焼成効率も著しく高められるので好ましい。

【0045】上記の様な嵩密度を有する多孔質シートの素材や製法などは特に制限されず、セラミックスグリーンシートの製造原料として例示したのと同様の無機質粉末と有機質もしくは無機質のバインダーおよび溶媒を含むスラリーを用いてグリーンシートを得、これを前記好適嵩密度範囲となる様に焼成条件を調節して焼成することにより得ることができる。このとき無機質粉末として平均粒子径が2~100μm、より好ましくは30~80μmの粉末を使用すれば、前記好適嵩密度範囲の多孔質シートが得られ易い。該多孔質シートの嵩密度は、焼成条件によってコントロールできる他、用いる無機質粉末の平均粒子径やバインダーの種類を変えたり、更には焼結助剤の添加量を変えることによっても調整することが可能である。平均粒子径がこの範囲より小さい粉末を使用すると、嵩密度の制御が困難となり、大きい粉末を使用すると多孔質シートの表面の平滑性が失われ、セラミックスシートに凹凸をうつしてしまう。

【0046】いずれにしても、該多孔質シート製造時の焼成条件は、該多孔質シートを用いてセラミックスグリーンシートの焼成を行なう時の条件も加味して、該グリーンシートの焼成温度に至るまでの加熱による収縮率が5%以下となる様に原料および焼成条件を設定することが望まれる。従って、多孔質シートを得るときの焼成温度は、セラミックスグリーンシートの焼成温度以上に設定することが望ましい。例えば、ジルコニア主体のセラミックスシートを製造するときに使用される多孔質シートの構成素材としては、ジルコニアもしくはジルコニアよりも焼結温度の高いセラミックス粉末原料、例えばアルミナ、チタニア、セリヤなどを選択するのがよい。

【0047】尚ここで使用される多孔質シートは、上記の様に脱脂促進および分解ガスの放出促進と表面矯正作用を発揮するものであり、その好ましい厚みは0.1~2mm、より好ましくは0.1~1mm、好ましい重さ(単位面積当たりの重さ、以下同じ)は0.01~1g/cm²、より好ましい重さは使用形態によって異なり、詳細は後で述べる。多孔質シートは薄過ぎるものでは強度不足によってハンドリング性が低下すると共に表面矯正効果も有効に発揮されにくくなり、また軽量に過ぎるものでは、重しとしての機能が有効に発揮されにくくなつて反りやうねり防止効果が不十分となる。逆に厚過ぎて重くなつたりそれ自身重過ぎるものを使用すると、グリーンシート焼成時にグリーンシートと多孔質シートとの間の摩擦が大きくなつてシート表面に傷が入り易く、さらにグリーンシートの収縮が均一に進行しにくくなり、歪みを生じたり亀裂を生じる恐れがでてくる。

【0048】上記の様な多孔質シートを用いてセラミックスグリーンシートの焼成を行なうに当たつては、例えば図1に示す様に下面側の整形を兼ねたセッター1上にセラミックスグリーンシート2を重ね合わせ、この上に重しを兼ねた多孔質シート3aを載せて焼成を行なう方法、あるいは図2に示す様に、断熱性セッター1上に多孔質シート3、セラミックスグリーンシート2、重しを兼ねた多孔質シート3aを重ね合わせて焼成を行なう方法、の様に、セラミックスグリーンシートを1枚づつ焼成することも勿論可能であるが、生産性を高める上では、例えば図3に示す様に複数枚のセラミックスグリーンシート2、2、...を夫々多孔質シート3に挟んで重ね合わせ、一番上に重しを兼ねた厚めの多孔質シート3aを載せて焼成を行なう方法であり、この様な方法を採用すれば、一度の焼成で複数枚のセラミックスシートを得ることができるので好ましい。焼成の最上段の多孔質シート3aは、多孔質シート3と同じ形状のものでも良いが、重しの効果を得るため、多孔質シート3よりも重くすることが好ましい。より好ましい重さは、多孔質シート3が0.01~0.25g/cm²、多孔質シート3aが0.2~1g/cm²である。

【0049】上記方法を採用する際に用いられる多孔質シートは、前述の如く理論密度に対する嵩密度が30~85%であつて且つ該グリーンシート焼成条件下では殆ど焼結が進まず、優れた通気性が確保されているので、上記の様に複数枚重ね合わせた状態で焼結を行なつても、グリーンシートの焼成時に発生するバインダー分解ガスの放出はスムーズに進行し、均質なセラミックスシートを容易に得ることができるのである。

【0050】

【実施例】以下、実施例を挙げて本発明の構成および作用効果をより詳細に説明するが、本発明はもとより下記実施例によって制限を受けるものではなく、前後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更して実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に含まれる。

【0051】実施例1

【ジルコニアグリーンシートの作製】14.8モル%の塩化イットリウムを含むオキシ塩化ジルコニウムの水溶液をアンモニア水に滴下して得られた沈殿を洗浄、乾燥後、1000℃で焼成してジルコニア粉末を得た。この粉末の平均粒子径は、1.5μmであり、90体積%の粒子が3μm以下であった。

【0052】この粉末に純水を加えて20重量%とし、ビーズミルを用いて2時間粉碎した後、500℃で乾燥することにより、平均粒子径0.22μm、0.7μm以下の粒子が92体積%、また0.1μm以上の粒子が90体積%であるジルコニア粉体を得た。この粉体10重量部を原料とし、イソブチルメタクリレート単位を60重量%と2-エチルヘキシルメタクリレート単位を

20重量%を含むアクリル系バインダー15重量部、溶剤として酢酸エチル40重量部、可塑剤としてジブチルフタレート2重量部を加え、ボールミルにより混合してから、粘度を調整し、ドクターブレード法により0.2mm厚のジルコニアグリーンシートとした。

【0053】[多孔質シートの作製] 平均粒子径5.5μmの低ソーダアルミナ粉末を、アクリル系バインダーを用いてドクターブレード法により0.2mm厚の多孔質シート用グリーンシートとした。このグリーンシートを切断し、500℃で脱脂後1500℃で焼成し、多孔質シートを得た。この多孔質シートの嵩密度は、理論密度に対して50%であり、重さは0.03g/cm²であった。

【0054】[重し用多孔質シートの作製] 上記多孔質シートと同様にして0.6mm厚の多孔質シート用グリーンシートを得、このグリーンシート2枚を張り合せてから焼成した。この重し用多孔質シートの嵩密度は、理論密度の64%であり、重さは0.24g/cm²であった。

【0055】[ジルコニアシートの作製] 60cm角のセッターの中央に、約42cm角の多孔質シートを載せ、その上に約40cmに切断したジルコニアグリーンシートと多孔質シートを1枚づつ交互に合計6枚重ねて置いた。さらに、その上に重し用多孔質シートを載せた。500℃で脱脂後、1400℃で焼成し、30cm角、0.2mm厚のジルコニアシートを得た。このシートは平坦で、最大高さ-(R_{max})-は0.8μmであり、全面に140kgの荷重をかけてもクラック等の発生は認められなかった。また、ダイヤモンドカッターにより切り出した5×50mmの試料の3点曲げ強度は、平均42kg/mm²であった。尚、多孔質シートの寸法を、ジルコニアシート焼成に使用する前と後に定規で測定したが、収縮は認められなかった。

【0056】実施例2

上記実施例1において、ジルコニアシート作製時に32cm角のセッターを使用し、28cm角の多孔質シートと約26cm角のジルコニアグリーンシートを交互に8枚重ね、更にその上に重し用多孔質シートを載せて焼成した以外は全く同様にして、20cm角、0.2mm厚のジルコニアシートを得た。得られたジルコニアシートのうち、最大の反りおよび最大うねり高さを表1に示した。

【0057】実施例3

[ジルコニア・アルミナグリーンシートの作製] 5.8モル%の塩化イットリウムを含む塩化ジルコニアウムの水溶液を用い、ビーズミル粉碎時に、アルミナ粉末を40重量%となる様に添加した他は実施例1と同様にして約0.5mm厚のジルコニア・アルミナグリーンシートを得た。

得た。この際、ビーズミル粉碎後の粉体の平均粒子径は0.2μm、1μm以下の粒子が95体積%であった。

【0058】[ジルコニア製多孔質シートの作製] 平均粒子径2μmのジルコニア粉末92重量部と酸化イットリウム粉末8重量部の混合粉体を、アクリル系バインダー16重量部を用いてドクターブレード法により0.2mm厚のグリーンシートとした。このグリーンシートを切断し、脱脂・焼成して多孔質シートを得た。このシートの嵩密度は、理論密度に対して65%であり、重さは10~0.06g/cm²であった。

【0059】[ジルコニア・アルミナシートの作製] 60cm角のセッターの中央に、実施例1と同様にして得た約53cm角の多孔質シートを載せ、その上に52cm角に切断したジルコニア・アルミナグリーンシート、さらに上記ジルコニア製多孔質シートを重ねて置いた。500℃で脱脂後、1400℃で焼成し、40cm角、0.4mm厚のジルコニア・アルミナシートを得た。

【0060】実施例4 実施例4では、セッターの中央に約27cm角のアルミナ製多孔質シートとジルコニア製多孔質シート、および26cm角のジルコニア・アルミナグリーンシートを使用し、以下は実施例3と同様にして20cm角、0.4mm厚のジルコニア・アルミナシートを得た。

【0061】比較例1

実施例1と同様にして作製したジルコニアグリーンシートを、セッターの中央に1枚だけ置いた。500℃で脱脂後、ガス炉において1400℃で焼成し、20cm角、0.2mm厚のジルコニアシートを得た。このシートは、うねりがやや大きかった。また、表面にはシリカ・アルミナ質の微小な粒子が数個付着していた。尚、実施例1ではこの様な付着はなかった。

【0062】比較例2

アルミナ粉末とアクリル系バインダーを用いて、ドクターブレード法により0.08mm厚のアルミナグリーンシートとした。32cm角のセッターの中央に、このアルミナグリーンシートを載せ、さらに28cm角に切断した実施例1のジルコニアグリーンシートとアルミナグリーンシートを1枚づつ交互に合計7枚重ねて置いた。500℃で脱脂後、1400℃で焼成したところ、極めてうねりの大きいシートとなった。なお、全面でうねりが大きいため、反りの測定はできなかった。うねり矯正のため荷重をかけて再び1400℃で熱処理したが、割れてしまった。上記実施例および比較例で得られたシートの最大うねり高さ、反り量、荷重負荷試験とたわみ負荷試験による割れ、ひびの発生頻度は表1に示す通りであった。

【0063】

【表1】

	最大うねり 高さ (μm)	反り量 (%)	荷重負荷試験結果* ¹ 割れ枚数:割れ発生頻度 (%)	たわみ負荷試験結果* ² 割れ枚数:割れ発生頻度 (%)
実施例 1 2	20 20	0.01 0.05	20枚中 0枚: 0% 20枚中 0枚: 0%	20枚中 0枚: 0% 20枚中 1枚: 5%
3 4	15 15	0.004 0.05	10枚中 0枚: 0% 10枚中 0枚: 0%	10枚中 1枚: 10% 10枚中 1枚: 10%
比較例 1 2	120 5 (mm)	0.2 測定不能	6枚中 4枚: 67% 4枚中 4枚: 100%	4枚中 2枚: 50%

* 1, * 2: 試験法は本文記載の通り

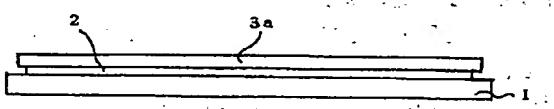
【0064】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、400cm² 以上の面積を有する大版でありながら、最大うねりと反りが非常に小さく、且つ荷重強度とたわみ強度に優れた、従来材に比べて大版で形状特性と強度特性に優れたセラミックスシートを提供し得ることになった。

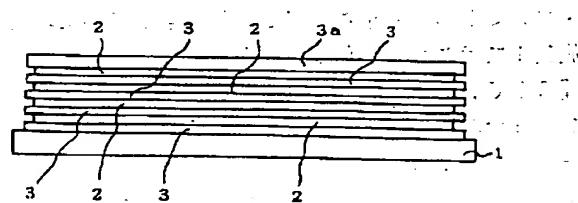
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るセラミックスシートの製法を例示

【図1】



【図3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁸

識別記号 庁内整理番号

F I

技術表示箇所

J

(72) 発明者 八坂 哲也

兵庫県姫路市網干区興浜字西沖992番地の

1 株式会社日本触媒内

Best Available Copy